

⑨ 日本国特許庁 (JP)

⑩ 特許出願公開

## ⑫ 公開特許公報 (A)

昭60—22120

⑪ Int. Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和60年(1985)2月4日

G 02 F 1/31

7348—2H

1/03

7448—2H

発明の数 1

審査請求 未請求

(全 5 頁)

⑭ 光スイッチ

門真市大字門真1006番地松下電  
器産業株式会社内

⑮ 特 願 昭58—131238

⑯ 発 明 者 瀬恒謙太郎

⑰ 出 願 昭58(1983)7月18日

門真市大字門真1006番地松下電  
器産業株式会社内

⑱ 発 明 者 川口隆夫

⑲ 発 明 者 和佐清孝

門真市大字門真1006番地松下電  
器産業株式会社内門真市大字門真1006番地松下電  
器産業株式会社内

⑳ 発 明 者 黄地謙三

㉑ 出 願 人 松下電器産業株式会社

門真市大字門真1006番地松下電  
器産業株式会社内

門真市大字門真1006番地

㉒ 発 明 者 足立秀明

㉓ 代 理 人 弁理士 中尾敏男 外1名

## 明 細 書

## 1、発明の名称

光スイッチ

## 2、特許請求の範囲

基板の表面に互いに交差する導波路を設け、上記交差部の表面に光伝搬路を選択させる制御電極を設け、上記導波路の交差部の近傍における導波路の線路幅を交差部中心に向かって増加させ、かつ滑らかに接続させ、上記交差部近傍の導波路の外周線を双曲線状としたことを特徴とする光スイッチ。

## 3、発明の詳細な説明

## 産業上の利用分野

本発明は光スイッチに関する。特に導波光を分岐させることにより光出力をオン、オフさせる光集積回路に適用する光スイッチに関するものである。

## 従来例の構成とその問題点

従来この種の分岐導波路を用いた光スイッチとして、全反射型スイッチがある。以下、図面を用

いて全反射型スイッチ等を使用される光分岐導波路の構成とその問題点を説明する。第1図は電気光学効果を有する基板上に構成された全反射型光スイッチ10を示す。同図において、11と13および12と14は互に交差する光導波路を示す。15と16は光導波路上に設けられた電極を示し、17は光伝搬制御部を示し、上記光導波路の交差部分上に設けられている。このような構成の光スイッチにおいて、電極15、16に電圧を印加することにより、電気光学効果により制御部17の下の光導波路部分の屈折率が小さくなる。従って11より入射した導波光は電極15、16に電圧が印加されている場合、制御部17部分で全反射条件を満たし、14へ伝搬することになる。なお、電圧が印加されていない場合は、11より入射した導波光は、制御部17の部分で直進し導波路13へ伝搬される。導波路12より入射した導波光についても同様に導波路13、14へスイッチされる。

このような従来の光スイッチにおいては以下に

示す欠点もしくは問題点があった。すなわち、電気光学効果による屈折率変化が小さいため、導波路11と12の交差角は小さく、導波路11より入射し、導波路13へ伝搬する導波光は導波路14へも伝搬することがあり、10dB以上の消光比を得ることが非常に困難であった。このため、充分なスイッチング特性を得ることが困難であり実用上問題があった。

又、この点を改善するために第2図に示す構成が用いられている。この構造は同図において、交差部の近傍において導波路の線路幅を放物線状に増加させ連結させた放物線状導波路111, 121, 141, 151を設けている。この構成では、理論的にモードの変換量が少なく、例えばTE<sub>00</sub>モードであれば、11から伝搬した光はTE<sub>00</sub>モードのまま直進し、導波路141へ屈折することなく151から13へと伝搬するとされている。しかしながら、この構造では放物線状導波路の線路幅に、伝搬モードを変化させない形状条件が存在している。すなわち、

$$W^2 = (2\alpha\lambda_0 / nb)Z + W_0^2$$

である。

ここで、 $\lambda_0$ ：光の波長、 $nb$ ：光導波路のバルクの屈折率、 $Z$ ：定幅導波路からの距離（第2図参照）、 $W$ ：放物線状導波路の幅、 $W_0$ ：定幅導波路の幅、 $\alpha$ ：1より小さい正実数。

このため、放物線状導波路の長さを短くするために $\alpha \approx 1$ としても、放物線状導波路の長さは2mm以上になり、素子全体では5mm程度となる。

したがって、素子の寸法公差に余裕を持たせるように、 $\alpha \approx 0.6$ にすると、素子寸法が10mm以上となり、集積化には適さない。故に $\alpha \approx 1$ とするために、導波路幅を精度よく構成する必要がある。もし、 $\alpha > 1$ の場合には、放物線状導波路と定幅導波路との接続部は滑らかに結合していないので、伝搬モード変換が発生し、例えばTE<sub>00</sub>モード光の一部がTE<sub>01</sub>モード光は導波路11から伝搬した場合導波路14に屈折する割合がTE<sub>00</sub>と比較し高く、この光スイッチの分比例を低下させるため、精度よく上記構造を形成しなければ、小型か

つ分岐比を10dB以上にすることは困難であった。

本発明者らは、光分岐導波路を工夫することにより、分岐特性を大幅に改善でき、かつ歩止まりよく形成できる構造を見出し、スイッチング特性の優れた光スイッチを実現できることを見出した。

#### 発明の目的

本発明は、上記従来例の有していた欠点もしくは問題点を除去した分岐特性の良好な光スイッチを提供することを目的とする。

#### 発明の構成

本発明は、導波路の近傍における導波路の線路幅を交差部中心に向かって増加させ、かつ滑らかに接続させ、上記交差部近傍の外周線を多曲線状としたものである。

#### 実施例の説明

以下本発明を、図を用いて説明する。

第3図は本発明にかかる光スイッチの構造を示す。同図において、本発明にかかる光スイッチは、

基板の表面31に形成した互いに交差する光導波路321と322および331と332と、上記交差部34の表面に設けられた光の伝搬通路を選択させる制御電極351と352とから構成されたもので、さらに導波路の交差部34の近傍における導波路3211, 3221, 3311, 3321の線路幅を交差部34の中心に向かって増加させ、かつ滑らかに接続させ、交差部近傍の導波路の外周線36を双曲線状としている。

従来、このような構成では導波光の自然拡がり制限することは無いと考えられ、したがって分岐比を充分得ることはできないと考えられていた。又、従来例で示したように、例えば導波路321の導波光 $\beta_1$ は、膜厚と導波路幅との関係から決定される放物線型の外周線のように連結されていないので、伝搬モードが保存されず、分岐比を劣化させる高次モードの発生が多く生じると考えられていた。

しかし、本発明者らは、本発明にかかる構造においても導波光 $\beta_1$ は、交差部の通過のさいにも導

波路332に漏洩することなく、そのまま直進し導波路322に導波することを見出し、新規の光スイッチを発明した。

本発明にかかる構造を詳細に検討した結果、導波路幅に最適の範囲のあることを見出した。すなわち、導波路幅 $5\sim 30\mu\text{m}$ が最適である。 $5\mu\text{m}$ 以下では導波光の交差路内で自然拡が大きく、良好な分岐比を得ることが出来なかった。又、 $30\mu\text{m}$ 以上では、交差路寸法が大きくなり小型化が困難で集積化には適さない。又、導波路の交差角も $1\sim 5^\circ$ を含む範囲が最適であった。 $1^\circ$ 未満では導波光の自然拡がりによる漏洩が生じていたと考えられる。 $5^\circ$ 以上では交差路形状に工夫を加えなくとも分岐比が良好で $20\text{ dB}$ 以上が容易に得られ、本発明の意義がない。さらに、この場合、交差路寸法 $L_1$ を $3\mu\text{m}$ 以下とし上記構成で光スイッチを作成すると、導波路幅を双曲線状に加工するだけで、 $15\text{ dB}$ 以上の分岐比を得ることが出来た。したがって、この種の構成の光スイッチでは、従来のものに比べ寸法公差に余裕を持

ちつつ小型で、しかも分岐比特性に優れ、故に消光比の良好な素子を形成することが出来た。

本発明の動作原理の詳細は明確でないが、上記の結果から、マルナモード導波路内を低次モード導波光を交差部に導波させるが、交差部の外周線を双曲線状であるため、導波光は準静的に導波路の拡がりに対応する同じ低次モード導波光に変調する。また、この場合交差路中央部で導波路幅は $10\sim 40\mu\text{m}$ 程度となるため光波の自然広がりが小さくなるので、漏洩が少なく導波すると思われる。さらに、交差路中央部への光波の導入と同様に、準静的に導波光は細くなりつつ導波路へ伝搬するので良好な分岐比が得られたと考えられる。

以下本発明の内容をよりよく理解できるように具体的な実施例をあけて説明する。

#### (実施例1)

本発明の実施例を第3図により具体的に説明する。例えば、基板の表面31を $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ とし、電気光学効果の大きい材料として知られるPLZT

(28/0/100)薄膜<sup>と</sup>例えば、スパッタ、マグネトロンスパッタ、イオンビームスパッタで、基板温度 $650\sim 850^\circ\text{C}$ で蒸着すると、(111)面エピタキシャル単結晶膜が形成され、光伝搬損失が $3\text{ dB/cm}$ のものが得られる。例えば、形成された膜厚 $0.3\mu\text{m}$ のPLZT薄膜上に第3図に示す構造を通常の半導体プロセスに使用されるフォトリソ技術<sup>リ</sup>を使用し、形成する。例えば、フォトリソ技術のうちフット法を用い、ネガパターン形成されたAZレジスト上に膜厚 $0.2\mu\text{m}$ の $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 膜を例えばマグネトロンスパッタで蒸着し、アセトンでAZレジストを除去することにより、ロード接触型光導波路が形成できる。この構造において、光は $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 膜下に閉じ込められて伝搬する。交差部近傍での構造は、例えば第3図に示すように光導波路の線幅 $W_1$ を $4\mu\text{m}$ 、交差角 $\theta_1$ の場合、交差部中央での幅 $W_2$ を $40\mu\text{m}$ として、交差部近傍の長さ $L_1$ の長さ $2\mu\text{m}$ の間で徐々に線幅を広げ、又交差部中心から徐々に線幅を狭くし、かつ滑らかに接続させる構造とする。

以上の構成にすると、例えば光導波路321の伝搬光は $15\text{ dB}$ の分岐比の得られることを確認した。

特にこのような構造ではTi-拡散型 $\text{Li-NbO}_3$ 光導波路より光導波路と周辺部の屈折率の差が大きいので、第2図の構成の精度はかなり要求される。しかし、本発明の構成においてはそのような必要は少なく信頼性よく形成することができることを本発明者らは確認した。

本構造において、基板の表面は $\text{MgO}$ 、スピネル、 $\text{SiTiO}_3$ のうち少なくとも一種であれば、 $\text{BaTiO}_3$ 、 $\text{PbTiO}_3$ 、PLZT系化合物を例えばスパッタ法で形成し、本構成を形成すれば分岐比の良好な交差導波路を形成することができる。

この交差導波路上に厚さ $0.1\mu\text{m}$ 、空隙 $2\sim 6\mu\text{m}$ の制御電極351と352を、例えば蒸着 $\text{Al}$ で形成すると光スイッチが形成でき、消光比 $20\text{ dB}$ の光スイッチング動作を確認した。

#### (実施例2)

本構造の光スイッチにおいて、基板の表面31

を $\text{LiTaO}_3$ とし、 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ の $\text{LiNbO}_3$ を例えばマグネトロンスパッタで蒸着すると、 $\text{LiNbO}_3$ 層を光導波路とすることができ、 $\text{LiNbO}_3$ 層をイオンシリングでエッチングを施すことにより膜厚に差を設けると膜厚の厚い領域に光波が閉じ込められ、いわゆるリッジ型導波路が形成される。この場合、交差する2本のリッジ型導波路の交差部を本発明の構成とすると、分岐比15dBであり、電極のオン、オフによるスイッチングの消光比18dBを得ることができた。

又、本発明の構成は、基板の表面を $\text{BGO}$  ( $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ )で構成し、光導波路を $\text{BTO}$  ( $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$ )あるいは $\text{BSO}$  ( $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ )でも同等の効果が得られる。さらに、基板の表面を $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ で構成し、光導波路を $\text{ZnO}$ ,  $\text{ZnS}$ ,  $\text{CdS}$ ,  $\text{ZnSe}$ ,  $\text{ZnTe}$ で構成してもよい。あるいは、基板の表面を半導体の $\text{GaP}$ で構成し、光導波路を $\text{GaAs}$ などの化合物で構成した場合も同等の効果が得られることを本発明者らは確認した。なお、本発明の効果は本発明の構成において、光

導波路は電気光学効果の大きい材料であればよく、上記の材料に限定されるものでない。

#### 発明の効果

以上のように、本発明は電気光学効果の大きい材料で形成される光スイッチの交差部の構造変化を緩やかにした構成であり、伝搬光が他の導波路に漏洩することが少なく伝搬するので分岐比が良好となる効果がある。このため、この構成の光スイッチではオン-オフ時の消光比が良好となる。したがって、本発明の光スイッチを用いると小型であり且つ伝搬光の漏洩が少なく、スイッチング特性の優れた光スイッチが実現できるものである。したがって、集積化を計ることが可能で、光IC化の可能性が大であり、光エレクトロニクスに与える寄与は大きいものである。

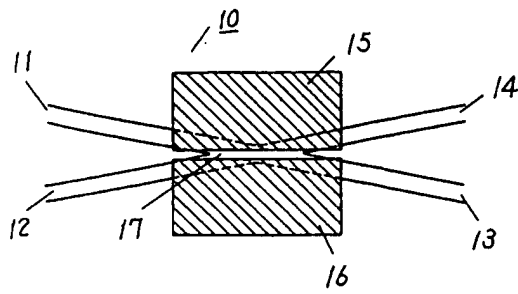
#### 4、図面の簡単な説明

第1図は従来の全反射型光スイッチの要部平面図、第2図は従来の他の全反射型光スイッチの要部平面図、第3図は本発明の光スイッチの一実施例の概略平面図である。

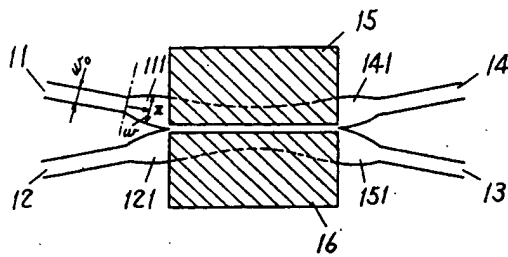
31……基板表面、32, 33……光導波路、  
321, 322, 331, 332……光導波路、34  
……交差部、351, 352……制御電極、3211,  
3221, 3311, 3321……光導波路。

代理人の氏名 弁理士 中 尾 敏 男 ほか1名

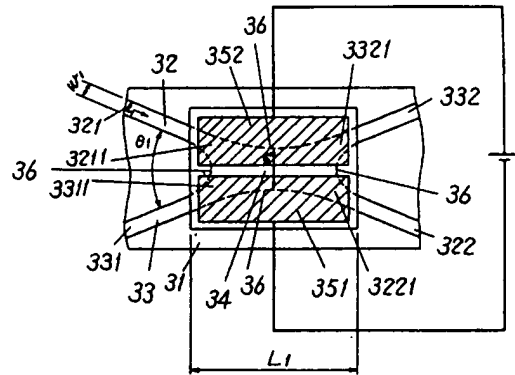
第 1 図



第 2 図



第 3 図



(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 60022120 A

(43) Date of publication of application: 04 . 02 . 85

(51) Int. Cl.

G02F 1/31  
G02F 1/03

(21) Application number: 58131238

(22) Date of filing: 18 . 07 . 83

(71) Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(72) Inventor: KAWAGUCHI TAKAO  
OCHI KENZO  
ADACHI HIDEAKI  
SETSUNE KENTARO  
WASA KIYOTAKA

(54) OPTICAL SWITCH

through the waveguide 321 in 16dB branching ratio.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1985,JPO&amp;Japio

PURPOSE: To reduce the leak of light to be transmitted and to improve the branching ratio by gently changing the structure of the crossing section of an optical switch made of a material having a significant electro-optical effect.

CONSTITUTION: An epitaxial single crystal film grown on the  $\langle 111 \rangle$  face is formed on the  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  surface 31 of a substrate as a thin PLZT film having a significant electro-optical effect to regulate the optical transmission loss to 3dB/cm. A negative pattern of an AZ resist is formed on the PLZT film by a lift process, a  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  film is vapor-deposited on the resist, and the resist is removed with acetone to manufacture load device type optical waveguides. Light is kept under the  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  film and transmitted. In case of  $4\mu\text{m}$  width  $W_1$  of the optical waveguide 32 and  $\theta_1$  angle of crossing, the width  $W_2$  at the center of the crossing section is regulated to  $40\mu\text{m}$ , it is gradually increased within the range of 2mm length  $L_1$ , and a smoothly connected structure is provided. Light is transmitted

